

H14/B01 RF集積回路における磁性薄膜応用技術の研究(共同プロジェクト研究の理念と概要, 共同プロジェクト研究)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	11
ページ	166-168
発行年	2005-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/30525

課題番号 H14/B01

RF集積回路における磁性薄膜応用技術の研究

[1] 組織

代表者：山口正洋

(東北大学大学院工学研究科)

責任者：荒井賢一

(東北大学電気通信研究所)

分担者：

青山 聡 (静岡大学電子科学研究科)

阿部 正紀 (東京工業大学電子物理工学科)

荒木 和幸 (崇城大学エネルギーエレクトロニクス研究所)

池田 慎治 (東北大学大学院工学研究科)

石山 和志 (東北大学電気通信研究所)

井上 浩 (秋田大学工学資源学部)

岡 英夫 (岩手大学工学部)

長田 洋 (岩手大学工学部)

川人 祥二 (静岡大学電子工学研究所)

金 基炫 (東北大学大学院工学研究科)

早乙女英夫 (千葉大学工学部)

佐藤 敏郎 (信州大学工学部)

島田 寛 (東北大学多元物質科学研究所)

杉本 諭 (東北大学大学院工学研究科)

杉山 進 (立命館大学理工学部)

竹澤 昌晃 (九州工業大学工学部)

丹 健二 (秋田県高度技術研究所)

辻本 浩章 (大阪市立大学工学部)

富田 知志 (理化学研究所 (埼玉県和光市))

中野 正基 (長崎大学工学部)

中谷 亮一 (大阪大学大学院工学研究科)

藤井 達生 (岡山大学工学部)

藤原 耕二 (岡山大学工学部)

本田 崇 (九州工業大学工学部)

益 一哉 (東京工業大学精密工学研究所)

松下 伸広 (東京工業大学大学院理工学研究科)

宗像 誠 (崇城大学エネルギーエレクトロニクス研究所)

山本 節夫 (山口大学工学部)

高性能 (高Q) 化させること、高透磁率に基づく波長短縮効果により伝送線路を短縮させること、ならびに磁気共鳴損失によって電磁雑音エネルギーを吸収させることなど、従来にない高周波帯で磁性膜を集積回路技術に応用するための基礎的課題が抽出された。本年度は、その課題を解決するための薄膜材料の開発、ならびに応用技術に関する更なる検討などを行った。以下に概要を記す。

(a) 研究活動

2004年11月には川人祥二氏 (静岡大, 代理) が来訪し、インテリジェントマイクロシールドループコイルの開発について研究打ち合わせを行った。

2005年3月には、佐藤敏郎氏 (信州大)、松下伸広氏 (東工大)、宗像誠氏 (崇城大)、山本節夫氏 (山口大) が参集し研究の最新状況を紹介するとともに今後の進め方について協議した。GHz帯で応用可能と思われる新しい軟磁性薄膜材料の開発がこの3年間でかなり進展した状況を踏まえ、本共同プロジェクト研究は一定の成果を収めたと判断して収束させ、次年度は参加者を絞った共同研究と、新しい観点からのプロジェクト研究会に発展させることとした。

(b) 研究会活動

東北大学において下記3件の講演会・研究会を開催した。

2004.05.17: Dr. Sang Ho Lim (Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Korea) 講演会 (電気学会東北支部主催), Computer Simulation of High Density MRAM

2004.05.28: Professor Richard E. DuBroff (University of Missouri, Rolla, USA) 講演会 (電子情報通信学会東北支部特別講演会)

2004.12.20-21: 電気学会マグネティックス研究会との合同研究会で17件の発表・討論を行った。主な内容は以下のとおりである。

MAG-04-232 CoFe系磁性膜の異方性磁界に及ぼすBの添加効果, 並河雅志, 宗像 誠, 青木振一, 八木正昭 (崇城大学)

MAG-04-233 Mn-Ir/Fe-Si交換結合膜におけるRu下地層の効果, 曾根原 誠, 杉山貴俊, 佐藤敏郎, 山沢清人, 三浦義正 (信州大学)

研究費：校費10万円, 旅費76万4千890円

[2] 研究経過

昨年度の研究会活動を通して、800MHz～6GHz程度の周波数帯でRF集積化インダクタを小形化・

MAG-04-234 積層マイクロパターン化磁性膜の磁化挙動と電磁ノイズ抑制体への応用, 池田慎治, 秋山良生, Kim Ki Hyeon, 山口正洋 (東北大学)

MAG-04-235 高Bsを有するFeCo基ナノ結晶粒子膜の軟磁気特性, 大沼繁弘, 岩佐忠義, 藤森啓安, 増本健 (電気磁気材料研究所)

MAG-04-236 フェライトめっき膜における異方性磁界/高周波透磁率の結晶子サイズ依存性, 多田 大, 松下伸広, 阿部正紀 (東京工業大学)

MAG-04-237 GaAs-MnAsグラニュー層薄膜の磁気特性と光照射の影響, 小川智之, 周藤悠介, 横山正史, 田中雅明 (科学技術振興機構, 東京大学)

MAG-04-238 2次元・3次元磁性フォトニック結晶の形成と機能, 井上光輝, 内田裕久, 西村一寛, A.Baryshev, A.Khanikaev (豊橋技術科学大学)

MAG-04-239 CoZrNb/ポリイミドハイブリッド薄膜コプレーナ結合線路型コモンモードフィルタ, 須藤勇気, 渡辺勝彦, 佐藤敏郎, 山沢清人, 三浦義正 (信州大学)

MAG-04-240 粉体型磁性木材の電波吸収特性決定パラメータについて (3), 照井峰和, 岡 英夫 (岩手大学), 浪崎安治, 泉田福典 (岩手県工業技術センター)

MAG-04-241 有限要素法電磁界シミュレーションによるノイズ抑制シートの特性評価, 丸田佳織, 山口正洋 (東北大学), 小野裕司 (NECトーキン)

MAG-04-242 位相測定による磁界センサシステムの試作, 小澤哲也, 横田周子, 藪上 信, 荒井賢一 (東北大学)

MAG-04-243 多層構造磁気シールドルーム設計のための増分透磁率評価, 鎌田清孝, (鹿児島工業高等専門学校), 山崎慶太 (竹中工務店), 及川昌平, 島田文彦, 芳賀 昭 (東北学院大学), 小林宏一郎 (岩手大学), 村松和弘 (佐賀大学), 藤原耕二 (岡山大学)

MAG-04-244 鉄鋼材料の磁気的手法による非破壊評価, 山田興治, Liu Bing, 本多善太郎, 副島雄大 (埼玉大学), 磯部仁博 (原子燃料工業), 山口克彦 (福島大学)

MAG-04-245 原子炉圧力容器用鋼A533Bの磁気特性に関する基礎的検討, 藤原耕二, 平野浩史, 中野正典 (岡山大学), 菊池弘昭, 荒 克之 (岩手大学), 海老根典也 (日本原子力研究所), 鎌田康寛, 高橋正氣 (岡山大学)

MAG-04-246 平板導体に対向した二つの円形コイルによる渦電流制御, 田中章雄 (宇部工業高等専門学校), 神杉一吉, 澄川直輝, 武平信夫 (徳山工業高等専門学校)

MAG-04-247 磁性めっき線を用いた渦電流形変位センサのインピーダンス解析, 水野 勉, 米野史一, 林利明, 朝比奈 孝 (信州大学), 榎木茂実, 品川宏樹 (新川センサテクノロジー), 山田 一 (博士国際協同研究所), 渡辺誠一 (長野工業高等専門学校), 植原精作 (東京特殊電線), 岸本 哲, 竹下邦夫 (日立ハイテク電子エンジニアリング)

MAG-04-248 傾斜磁区を有した高周波キャリア型磁界センサの不連続的インピーダンス特性, 中居倫夫, 阿部宏之 (宮城県産業技術総合センター), 星則光, 鈴木秀夫 (NECトーキン), 荒井賢一 (東北大学)

[3] 成 果

(3-1) 研究成果

昨年までに異方性磁界の強度が300 Oeに及び共鳴周波数が6GHzに達するCoFeB/SiO₂薄膜が得られた。本年度は、まず単層のCoFeBの熱履歴が共同研究によって調べられ、飽和磁化、保磁力、および異方性磁界の温度変化、ならびにデバイス化時の絶縁層としてポリイミドを想定した場合のプロセス設計から、280~300℃が最適な熱処理温度であることが見出された。これをハイブリッド薄膜コプレーナ線路として、1.8GHz帯携帯電話PA用インピーダンス整合器に適用し、幅20μm、膜厚0.5μmで、長さを11mm (λ/4)まで短縮でき、その挿入損失は1.2dBであった。さらに挿入損失を0.5dB以下へ低下させることが実用上不可欠である。オントップ型RF集積化インダクタへも適用し、2GHz帯でQ=10が得られた。一方、この膜をスリットパターン化することにより、保磁力を増加させることなく異方性磁界を1000 Oeまで安定に増大させることができ、更なる高周波対応が可能な見通しが得られた。

Ni-Zn-(Co)系フェライトめっき膜については、強磁性共鳴の測定から膜質の均一性が調べられ、Co添加によって60 Oe程度の異方性を付与することが可能であるが、分散はCoを含まない材料より大きく、これはCole-Coleプロットによる解析結果とも一致することが明らかになった。

また新たな高周波材料として、膜面に対して垂直方向に磁化容易軸をもつようなNi-Fe系グラニューラ蒸着膜が検討され、電気抵抗率、飽和磁化、磁化曲線の形状から、強磁性粒子とマトリクスとの層分離状況や垂直磁気異方性の発現について考察が進み、Ni-Fe-B-Oで103~104 μΩcm程度の高電気抵抗率を有する軟磁性垂直磁気異方性膜が得られる可能性が高まった。以上は成果の一端であり、詳細は成果資料を参照して頂きたい。

(3-2) 波及効果と発展性

平成14~16年度にわたって実施した本共同プロジェクト研究会の議論によって、グラニューラ系、ヘテロアモルファス系ならびにマイクロパターン化膜など、本研究の参加者が個別に開発した新しい軟磁性薄膜の主たる応用分野として集積化インダクタ、インピーダンス変換器、EMI対策素子などが有望であるとの見通しを得るに至った。今後は多人数による研究会形式から実質的共同研究に移ることとし、次年度以降はメンバーを絞った共同研究Aを実施したい。また本共同プロジェクト研究会研究分担者らを中心に、国際シンポジウム3rd International Symposium on High Frequency Micromagnetic Devices and Materials (MMDM3)を、電気通信研究所国際シンポジウム後援事業として2005年4月に東北大で開催することとなった。

[4] 成果資料

- (1) K. Itoi, M. Sato, H. Abe, H. Sugawara, H. Ito, K. Okada, K. Masu and T. Ito: International Microwave Symposium (IMS2004), pp.197-200 (2004)
- (2) “RF Integrated Noise Suppressor Using Spin sprayed Ferrite films”, Ki Hyeon Kim, Masahiro Yamaguchi, Nobuhiro Matsushita, Masanori Abe, J. Magn. Magn. Mater., 290-291P2, pp.1363-1366, 2005
- (3) “RF Noise Suppression Using Carbon-Coated Permalloy Nanorod Arrays”, Ki Hyeon Kim, Takashi Kyotani, Masahiro Yamaguchi, IEEE Trans. Magn., 2005 in press.
- (4) 中山英俊, 山本知広, 佐藤敏郎, 山沢清人, 三浦義正, 宗像誠, 八木正昭, “CoFeBアモルファス金属磁性膜を用いたGHz帯用薄膜コプレーナ伝送線路の試作”, 日本応用磁気学会誌, Vol.28, No.2, pp.157-163 (2004. 2.1)
- (5) “Fe/ferrite composite magnetic cores far exceeding Snoek's limit fabricated by simplified ferrite plating in open air”, N. Matsushita, S. Hatanaka, M. Abe, IEEE Transactions on Magnetics, 40(4), pp.2011-2013, July, 2004
- (6) “High-frequency carrier type thin-film sensor using low-noise crystal oscillator”, S. Yabukami, H. Mawatari, Y. Murayama, T. Ozawa, K. Ishiyama, K.I. Arai, IEEE Transactions on Magnetics, 40(4), pp. 2670-2672, July, 2004
- (7) “Asymmetric high-frequency carrier-type magnetic field sensor with thin-film head structure”, M. Takezawa, M. Dobashi, J. Yamasaki, IEEE Transactions on Magnetics, 40(4), pp. 2679-2681, July, 2004
- (8) “High temperature magnetic properties of Fe-Cu-Nb-Si-B cores with creep-induced anisotropy”, Yanai, T. Yamasaki, M. Takahashi, K. Nakano, M. Yoshizawa, Y. Fukunaga, H., IEEE Transactions on Magnetics, 40(4), pp. 2721-2723, July, 2004
- (9) “Dimensional Effects of The Magnetic Film on Coplanar Transmission line for RF Noise Suppression”, Ki Hyeon Kim, Seok Bae, Masahiro Yamaguchi, IEEE Trans. Magn., 40(4), 2847-2849, July, 2004
- (10) “Noble magnetic films for effective electromagnetic noise absorption in the gigahertz frequency range”, H. Ono, T. Ito, S. Yoshida, Y. Takase, O. Hashimoto, Y. Shimada, IEEE Transactions on Magnetics, 40(4), pp. 2853-2857, July, 2004
- (11) “Slit patterned CoNbZr/Nb/CoNbZr magnetic film for RF noise suppressor”, Shinji Ikeda, Ki Hyeon Kim, Masahiro Yamaguchi, J. Appl. Phys., 97(1), June, 2005 in press.